

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-181383

(43)Date of publication of application : 16.07.1990

(51)Int.Cl.

H01T 13/20

H01T 13/14

(21)Application number : 63-332010

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 29.12.1988

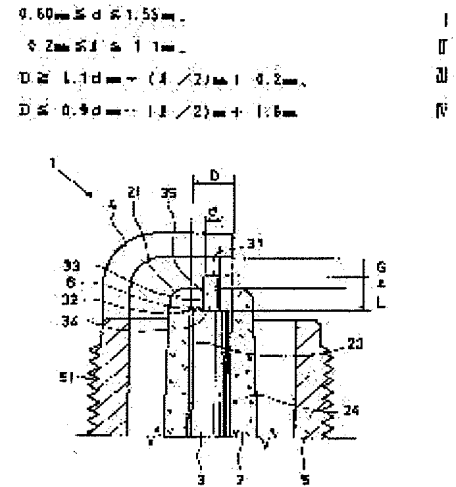
(72)Inventor : SATO YASUYUKI
TAKAMURA KOZO
MURAI HIROYUKI

(54) SPARK PLUG FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to burn out a carbon attached to the tip of an insulator by specifying the relation of the length of the center electrode projecting from a cylindrical space, its diameter, and the inner diameter of a front inside hole to form the cylindrical space between the center electrode.

CONSTITUTION: A spark plug 1 furnishes a cylindrical insulator layer 2, a center electrode 3 held by the insulator 2, an earth electrode 4 forming a gap G between the tip surface 31 of the center electrode 3, and a metallic housing 5 to hold the earth electrode 4. And between the outer periphery and the inner wall of the inside hole 23 of the center electrode 3, a cylindrical space 6 which is opened by the tip of the insulator 2 is formed. Where the length of the center electrode 3 projecting from the cylindrical space 6 is made l, and the diameter of the inside hole 23 which forms the cylindrical space 6 between the center electrode 3 is made D, they satisfy the relations I to IV. Consequently, the burning-out effect of the carbon attached to the insulator 2 can be improved, as well as the ignition property to the mixing gas is improved.



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-181383

⑤ Int. Cl.⁵

H 01 T 13/20
13/14

識別記号

B

庁内整理番号

7337-5G
7337-5G

⑬ 公開 平成2年(1990)7月16日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全16頁)

⑭ 発明の名称 内燃機関用スパークプラグ

⑯ 特 願 昭63-332010

⑰ 出 願 昭63(1988)12月29日

⑱ 発 明 者	佐 藤	保 幸	愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地	日本電装株式会社内
⑲ 発 明 者	高 村	鋼 三	愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地	日本電装株式会社内
⑳ 発 明 者	村 井	博 之	愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地	日本電装株式会社内
㉑ 出 願 人	日本電装株式会社			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
㉒ 代 理 人	弁理士 石 黒 健 二			

明 細 書

1. 発明の名称

内燃機関用スパークプラグ

2. 特許請求の範囲

1) 軸方向に内孔を有する筒状絶縁体と、

先端が前記内孔より突出した状態で前記内孔内に
に嵌め込まれて前記絶縁体に保持された中心電極
と、

該中心電極の先端との間にギャップを形成する
接地電極と、

該接地電極を保持するとともに、前記絶縁体の
外周に固定されたハウジングとからなり、

前記中心電極の外周と前記内孔の内壁との間に
は、前記絶縁体の先端で開口する筒状空所が形成
されている内燃機関用スパークプラグであって、

前記筒状空所より突出する前記中心電極の長さ
を l 、

前記筒状空所より突出する前記中心電極の直径
を d 、

前記中心電極との間で前記筒状空所を形成する
前記内孔の内径を D としたとき、

$$0.60\text{mm} \leq d \leq 1.55\text{mm}、$$

$$0.2\text{mm} \leq l \leq 1.1\text{mm}、$$

$$D \geq 1.1d\text{mm} + (l/2)\text{mm} + 0.2\text{mm}、$$

$$D \leq 0.9d\text{mm} + (l/2)\text{mm} + 1.6\text{mm}$$

の関係を満足していることを特徴とする内燃機関
用スパークプラグ。

2) 前記筒状空所より突出する前記中心電極の先
端には、テーパ部が設けられており、

前記中心電極の前記テーパ部における最も大き
い直径を d としたことを特徴とする請求項1に記
載の内燃機関用スパークプラグ。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、自動車等の内燃機関に用いられるス

パークプラグに関する。

[従来の技術]

従来より、ガソリン内燃機関において、低温時の運転性を確保するための一手段として非常に濃い混合気を燃焼室内に供給する方法がとられている。このため、燃焼室内では、不完全燃焼のため、多量のカーボンが生成される。このカーボンは、燃焼室に取付けられたスパークプラグの絶縁体の表面に逐次付着する。このため、スパークプラグは、点火コイルより供給された高電圧がカーボンを通してハウジングに漏洩する頻度が増加する傾向にある。よって、ギャップにおける放電は、散発的となり、燃焼室内の混合気への着火ミスが多くなるという問題があった。とくに4輪自動車においては、バッテリー点火であるために、2輪自動車に見られるような漏洩特性を向上させるCDI点火と異なり、カーボンの付着において問題が起きやすい傾向にある。

そのため、このような問題点を解消するために、

いという問題点があった。

このような問題点を解消する目的で、本願発明者等は、先に特願昭63- 83369号(昭和63年 4月5日出願)において内燃機関用スパークプラグを提案した。

この内燃機関用スパークプラグは、容量放電によってその周囲雰囲気気体がイオン化され、そのイオン化領域の中でも最もイオン化されている領域で発生する誘導放電を巧みに利用して、絶縁体の内孔内に付着したカーボンを焼失させている。また、この内燃機関用スパークプラグは、中心電極の径小部が絶縁体の内孔内より絶縁体の先端面を越えて突出しているため、ギャップで火炎核を大きく成長させることができるため、混合気に対する着火性をも向上させることができる。

しかるに、将来の自動車産業においては、少しでも性能の良い自動車が求められ、これを構成する優れた部品が必要となる。とくに内燃機関用スパークプラグにおいては、直接内燃機関の性能を左右するだけに、その要求品質は現在以上に厳し

特公昭58- 40831号公報に開示された内燃機関用スパークプラグが存在する。この内燃機関用スパークプラグは、絶縁体の先端面側にカーボンが付着していない正常時に、第1ギャップで火花放電が発生する。また、絶縁体の先端面および内孔の壁面にカーボンが付着した汚損時に、中心電極から内孔の壁面を通して第2ギャップへ火花が発生し、この第2ギャップへの火花放電により内孔の壁面に付着したカーボンを焼失し、正常時の火花放電に復帰させるものである。

[発明が解決しようとする課題]

しかるに、上記の従来の内燃機関用スパークプラグの第2ギャップは、第1ギャップに対して燃焼室の壁面側に設置されているので、第2ギャップでの火花放電により生成した火炎核が混合気に触れにくくなり、加えて第2ギャップは第1ギャップよりも寸法的に小さいので、火炎核が大きく成長しない。したがって、第2ギャップにおける火花放電時には混合気に対する着火性が悪

くなると考えられる。したがって、将来の内燃機関用スパークプラグにおいては、上述した内燃機関用スパークプラグのもつカーボンの焼失効果をさらに向上させた内燃機関用スパークプラグが望まれる。

本発明は、混合気に対する着火性を向上させるとともに、絶縁体に付着したカーボンの焼失効果を飛躍的に向上させることが可能な内燃機関用スパークプラグの提供を目的とする。

[課題を解決するための手段]

初めに、スパークプラグにおける火花放電は、ギャップ間の絶縁を破壊する容量放電と、この容量放電によりイオン化されて絶縁の低下した領域に沿って引き続き発生する誘導放電がある。第3図は誘導放電の発生している状況を示している。第3図中、斜線で囲まれた部分は誘導放電を示している。第3図は、エンジン回転数が1500rpm、負荷がアイドル状態の空冷4サイクル230cc

の単気筒エンジンの本体に、スパークプラグの放電が観察できる部分に石英ガラスを埋め込み、エンジン内の様子を観察したモデル図である。

本願発明者等は、上記の目的を達成するために、鋭意探求した結果、中心電極の直径 d を通常のものより極端に細くすると、容量放電は、通常のもののように中心電極の先端面より発生するが、誘導放電は、第3図に示すように、中心電極の先端領域の側面より発生することを見出した。そこで、本願発明者等は、この中心電極の先端領域の側面より発生する誘導放電を利用して絶縁体に付着したカーボンを確実にしかも飛躍的に焼失させることに着目した。

その構造は、軸方向に内孔を有する筒状絶縁体と、先端が前記内孔より突出した状態で前記内孔内に嵌め込まれて前記絶縁体に保持された中心電極と、該中心電極の先端との間にギャップを形成する接地電極と、該接地電極を保持するとともに、前記絶縁体の外周に固定されたハウジングとからなり、前記中心電極の外周と前記内孔の内壁との

間には、前記絶縁体の先端で開口する筒状空所が形成されている内燃機関用スパークプラグであって、

前記筒状空所より突出する前記中心電極の長さを l 、

前記筒状空所より突出する前記中心電極の直径を d 、

前記中心電極との間で前記筒状空所を形成する前記内孔の内径を D としたとき、

$$0.60\text{mm} \leq d \leq 1.55\text{mm}、$$

$$0.2\text{mm} \leq l \leq 1.1\text{mm}、$$

$$D \geq 1.1d\text{mm} + (l/2)\text{mm} + 0.2\text{mm}、$$

$$D \leq 0.9d\text{mm} + (l/2)\text{mm} + 1.6\text{mm}$$

の関係を満足していることを特徴としたものである。

また、前記筒状空所より突出する前記中心電極の先端には、テーパ部が設けられており、前記中心電極の前記テーパ部における最も大きい直径を d としても良い。

[作用]

本願本発明者等は以下の作用を見出した。その作用を第4図ないし第11図によって説明する。第4図はカーボンの付着が軽微な状況で容量放電および誘導放電が起こる場合を示す。第5図ないし第9図はカーボンの付着が進行した状況で放電の時間の経過と主な清浄メカニズムを示す。第10図は1回の放電が終了した状況を示す。

第4図ないし第10図中、実線矢印は容量放電を、斜線で囲まれた部分は誘導放電を、波形部分は清浄作用を促すパイロット放電を、点で囲まれた部分はイオン化領域を表す。第4図ないし第10図は内燃機関の本体に、スパークプラグの放電が観察できる部分に石英ガラスを埋め込み、内燃機関での容量放電および誘導放電を観察し、その結果を解析したモデル図である。第11図は容量放電および誘導放電波形のモデル図である。

スパークプラグは、非常に濃い混合気の使用により、絶縁体の先端および内孔の壁面にカーボンが付着する。

第4図に示すように、カーボンの絶縁体への付着が軽微な状況においては、中心電極に高電圧が印加されると、中心電極の先端より容量放電が生じる。このとき、誘導放電は、容量放電による周囲雰囲気イオン化領域で発生する。ここで、容量放電が、中心電極の先端と接地電極との間に形成されるギャップで発生するため、一般的に誘導放電もギャップで発生するように思われるが、容量放電によるイオン化領域は、中心電極の側面もイオン化できる範囲にまで広がっている。このとき、誘導放電は、中心電極の側面からギャップに発生している。よって、その中心電極の側面から発生した誘導放電に晒された絶縁体の部分に付着しているカーボンを焼失することができる（以下側面放電と呼ぶ）。

以上、カーボンの付着が軽微な場合を述べたが、エンジン運転条件によっては、さらにカーボンの発生が著しい場合がある。この場合、絶縁体の表面および内孔の内壁にカーボンがほぼ全域に亘って付着し、中心電極とハウジングと間の絶縁抵抗

が低下する。

第5図は、カーボン付着による高抵抗の導電層が存在するため、絶縁体の表面とハウジングとの間の静電容量Cと漏洩抵抗Rとが並列に付加される状況をモデル的に示している。

つぎに、中心電極に高電圧が印加されると系全体としては、絶縁体の表面の漏洩抵抗を介して中心電極からハウジングに漏洩電流が流れるとともに、中心電極と内孔の内壁、絶縁体の表面とハウジングとの間を充電する充電電流が流れる。

第11図に示す高電圧が逐次立ち上がる時間①において、第6図は、絶縁体の内孔の壁面と中心電極の小径部の側面との間の静電容量を充電する電流と、中心電極の段差エッジ部を起点とし、漏洩抵抗に漏洩電流が流れる。よって、第6図は、これらの電流が筒状空所内をイオン化させていることを示している。

この現象は、3針ギャップで生じている、いわゆるパイロット放電と同一機能を有することを新たに見出だした。なお、付着したカーボンは、3

針ギャップの第3電極に相当する。

このように、筒状空所をイオン化させる技術思想は、3針ギャップの第3電極の作用、すなわち、ギャップ間のイオン化を促進させるパイロット放電に基づくものである。本発明は、逐次付着するカーボンを第3電極として活用し、イオン化し易い筒状空所を設ける構造としたものである。

この作用は、第11図の②に示すギャップを絶縁破壊する容量放電が発生する電圧に達する期間継続して行われ、第7図に示すように、筒状空所付近のイオン化領域を拡大し続ける。

そして、第11図の②に示すギャップを絶縁破壊する容量放電が発生する電圧に達した瞬間、第8図に示すように、容量放電が中心電極の先端よりギャップに発生する。このとき、上述したように、容量放電によるイオン化領域が中心電極の側面もイオン化領域に含むことが可能な範囲にまで広がっているので、容量放電の発生後直ちに側面放電が中心電極の側面よりギャップに発生する。このとき、側面放電に晒された絶縁体の部分に付

着しているカーボンを焼失することができる。

さらに、この側面放電によりギャップに生じたイオン化領域と前述したパイロット放電により筒状空所内に生じたイオン化領域とが結合して、第9図に示すように、側面放電が筒状空所、中心電極の先端および側面の広い範囲からギャップに吹き出す。この側面放電は、第11図に示す放電継続時間③の間継続して行われる。したがって、この側面放電によって、中心電極の外周との間で筒状空所を形成する内孔の壁面、および絶縁体の先端に付着していたカーボンを焼失することができる。

第11図に示す放電継続時間③が経過すると、1つの放電が終了する。このとき、第10図に示すように、側面放電に晒された内孔の壁面、および絶縁体の先端は、付着していたカーボンが焼失され、清浄な部分となる。

次の放電の際には、この清浄な部分以外の絶縁体の内孔の内壁に、付着したカーボンの部分でパイロット放電が発生し、第9図に示す側面放電

の吹き出しが生起するので、内孔の壁面、および絶縁体の先端に付着しているカーボンが順次焼失していく。

すなわち、本発明は、絶縁体に付着しているカーボンの焼失を、側面放電のみにより行う場合と、パイロット放電により生じたイオン化領域と結合した側面放電により行う場合とで行うことができる。

このため、点火コイルより供給された高電圧がカーボンを通してハウジングに漏洩する頻度および時間が飛躍的に減少するので、混合気への着火ミスが著しく減少する。

[実施例]

本発明の内燃機関用スパークプラグの実施例を図に基づき説明する。

第1図は本発明を採用した内燃機関用スパークプラグの要部を示し、第2図は本発明を採用した内燃機関用スパークプラグを示す。

1は内燃機関用スパークプラグを示す。

スパークプラグ 1は、筒状絶縁体 2、該絶縁体 2に保持された中心電極 3、該中心電極 3の先端面31との間にギャップGを形成する接地電極 4と、接地電極 4を保持する金属製ハウジング 5とを備える。

絶縁体 2は、先端面21および後端22で開口している軸方向の内孔23を有する。この絶縁体 2のうち内燃機関の燃焼室内に突出される脚長部24の内孔23内に中心電極 3が嵌め込まれている。

中心電極 3は、先端面31が内孔23より突出した状態で内孔23内に嵌め込まれることによって、絶縁体 2の脚長部24に保持されている。

この中心電極 3のエッジ部32より先端側部分は、内孔23の内径より直径を小さく形成した小径部33とされている。この小径部33は、内孔23内に位置する嵌込部分34と、内孔23より突出された突出部分35とからなる。そして、小径部33の内孔23内に位置する嵌込部分34の外周と内孔23の壁面との間には、絶縁体 2の先端面21で開口する筒状空所 6が形成されている。

中心電極の先端面より容量放電が発生すると、容量放電の周囲はイオン化され、このイオン化領域を誘導放電が引き続き発生することが確認されている。そして、エンジンの燃焼室内には、混合気が流れており、中心電極の近傍は、それ自体が混合気の流れの障害物となり、流れの乱流成分が大きくなる。したがって、イオン化領域が中心電極の先端面より流されることにより、側面放電が発生すると推察される。

そこで、本願発明者等は、この側面放電を利用することにより中心電極の先端側面のカーボンを焼失することに着目してみた。

第12図は前記中心電極の直径 d を横軸に、側面放電の発生頻度を縦軸に表示したものである。第13図は第12図の実験を行った際に発生した側面放電を示したモデル図である。側面放電の発生頻度は、一般のスパークプラグにおいて、絶縁体の先端面より突出する中心電極の直径(d)を2.5mmより細くした場合に、2.0mm以下で急激に増加し、とくに1.5mm以下において発生頻度が多

接地電極 4は、中心電極 3の先端面31に対向配置されている。

ハウジング 5は、端面に接地電極 4が接続されて、外周に取付用ねじ部51が形成されている。また、ハウジング 5は、絶縁体 2の外周に固定されている。

さらに、71は電波雑音防止用の抵抗体を示し、72は導電ガラス層を示し、73はターミナル軸部を示し、74はターミナルを示す。

つぎに、第1図において、筒状空所 6より突出する中心電極 3の長さを l 、筒状空所 6より突出する中心電極 3の直径を d 、中心電極 3との間で筒状空所 6を形成する内孔23の内径を D 、筒状空所 6の深さを h によって、特性がどのように変化するかについて、種々実験を行ったので、その結果を説明する。

初めに側面放電について説明する。

本願発明者等は、数々の実験を行った結果中心電極の直径を細くすると、側面放電が発生することを見出だした。

くなる。

その中心電極の直径(d)を2.5mm近傍とした場合には、イオン化領域が流れの乱流成分により流されにくく、側面放電の発生は著しく少なくなったものと推察される。また、スパークプラグの中心電極の直径(d)を0.9mmより細くした場合に、側面放電の発生頻度は、減少する。これは、極細の中心電極が見掛け上、針状のため、中心電極の先端面の電位傾度が非常に急峻になり、中心電極の先端面のイオン化がとくに進行し、側面放電の発生頻度が減少すると推測される。ここで、スパークプラグの中心電極の直径(d)を0.5mmより小さくすると、放電のエネルギーにより、中心電極が溶融と損傷等の不具合が発生する恐れがあるため、 $d = 0.5\text{mm}$ 以下の中心電極は使用できない。

第14図は前記中心電極の直径 d を横軸に、カーボン焼失長さ F を縦軸に表示したものである。第15図は第14図の実験を実施するにあたり使用したスパークプラグを示すもので、図中 F はカ

ーボン焼失長さを示したものである。

第12図によると、側面放電の発生頻度が多い(50%以上)のは、 $0.6\text{mm} \leq d \leq 1.6\text{mm}$ のである。一方、第14図によると、カーボン焼失長さFが長い(0.8mm 以上)のは、 $0.55\text{mm} \leq d \leq 1.55\text{mm}$ である。したがって、第12図および第14図より、側面放電の発生頻度が多く、且つカーボン焼失長さFが長いのは、 $0.60\text{mm} \leq d \leq 1.55\text{mm}$ の場合である。

したがって、本願発明者等は、側面放電が中心電極の直径dによって発生が変化し、且つカーボン焼失長さも、前記中心電極の直径dによって変化することを見出だした。よって、前記中心電極の直径は、側面放電の発生頻度が多く、且つカーボン焼失長さFが長い範囲内に選択する必要がある。すなわち、それは、実験結果より、 $0.60\text{mm} \leq d \leq 1.55\text{mm}$ である。さらに、側面放電の発生頻度の70%の時は $0.8\text{mm} \leq d \leq 1.4\text{mm}$ であり、カーボン焼失長さFが 1.2mm の時は $0.8\text{mm} \leq d \leq 1.2\text{mm}$ であることから、d値の最適値は $0.8\text{mm} \leq d \leq 1$

していれば着火性の影響は少ないことが確認できた。

第16図および第17図より、飛火電圧が低く、着火性への影響が少ないのは、 $0\text{mm} \leq l$ である。しかし、スパークプラグは、使用時に中心電極の先端面が徐々に消失してゆき、前記中心電極の長さlが徐々に小さくなってゆく。このスパークプラグの中心電極の先端面の消失は、寿命時に最大 0.2mm となることが経験により確認されている。したがって、スパークプラグにおいて、寿命時まで飛火電圧が低く、着火性への影響の少ないのは、 $0.2\text{mm} \leq l$ であると推測される。

さらに、前記中心電極の長さl、前記中心電極の直径d、前記内孔の内径D、筒状空所の深さLを探索するために、中心電極の側面放電と筒状空所内のイオン化領域との有効的な結合による耐汚損性効果について実験を行ったので以下に説明する。

耐汚損性効果は、4サイクル、1300cc、水冷4気筒エンジンにより、カーボンが付着しやすい条

件として、 1.2mm ということができる。

つぎに、前記中心電極の長さ(l)について実験を行った。

第16図は前記中心電極の長さlを横軸に、中心電極と接地電極との間の飛火電圧を縦軸に表示したものであり、4ゲージ気圧の空気中で、中心電極の先端面と接地電極との間のギャップGを 1.1mm に固定したもとに実験を行った結果である。第17図は前記中心電極の長さlを横軸に、着火性をあらわす指標であるアイドル時の着火限界空燃比(A/F)を縦軸に表示したものである。実験は、4サイクル、1600cc、水冷4気筒エンジン、アイドル運転において空燃比を薄くしていき、安定した燃焼が得られる空燃比(着火限界空燃比)をプロットしたものである。第18図は第16図および第17図の実験を実施するにあたり使用したスパークプラグの寸法を示したものである。

第16図より、飛火電圧が低いのは、前記中心電極の長さlが $0\text{mm} \leq l$ である。また、第17図より、中心電極の先端面が絶縁体の先端面より突出

件として、 -10°C の雰囲気温度下でラジエータ水温およびエンジン油温 -10°C において、始動、レーシング、低速での加速および減速、停止という一連のパターンを1分間実施し、これを1サイクルとし、評価した結果である。この評価ごとに、第19図に示すように、中心電極の先端面と絶縁体の先端面との間の絶縁抵抗を絶縁抵抗計Mによって、計測し、 $1\text{M}\Omega$ に至るまでのサイクル数を求めた。上記2点間の絶縁抵抗が $1\text{M}\Omega$ 以下に至ると、始動不能、ラフアイドル等のエンジン不調が生ずる。一般に多く使用されているスパークプラグの代表例として出願人製作にかかる型式W16EX-U₁₁のスパークプラグは、上記評価において、8サイクルで $1\text{M}\Omega$ に至る評価結果となっている。したがって、8サイクルを越えないと所望する効果がないことが解明できる。

第20図は前記中心電極の直径dを横軸に、耐汚損性効果を縦軸に表示し、前記内孔の内径がD = 0.9mm のときを示したものである。第21図は前記中心電極の直径dを横軸に、耐汚損性効果を

縦軸に表示し、前記内孔の内径が $D = 1.1\text{mm}$ のときを示したものである。第22図は前記中心電極の直径 d を横軸に、耐汚損性効果を縦軸に表示し、前記内孔の内径が $D = 1.6\text{mm}$ のときを示したものである。第23図は前記中心電極の直径 d を横軸に、耐汚損性効果を縦軸に表示し、前記内孔の内径が $D = 2.0\text{mm}$ のときを示したものである。第24図は前記中心電極の直径 d を横軸に、耐汚損性効果を縦軸に表示し、前記内孔の内径が $D = 2.8\text{mm}$ のときを示したものである。第25図は前記中心電極の直径 d を横軸に、耐汚損性効果を縦軸に表示し、前記内孔の内径が $D = 2.9\text{mm}$ のときを示したものである。また、第20図ないし第25図中、○は前記長さが $l = 0.2\text{mm}$ を、△は前記長さが $l = 0.5\text{mm}$ を、□は前記長さが $l = 0.7\text{mm}$ を、◇は前記長さが $l = 0.9\text{mm}$ を、▽は前記長さが $l = 1.1\text{mm}$ を、×は前記長さが $l = 1.2\text{mm}$ を表す。

第26図は第20図ないし第25図の実験を実施するにあたり使用したスパークプラグの寸法を示したものであり、筒状空所の深さを $L = 0.5\text{mm}$

である。そして、第23図において、 $d = 1.1\text{mm}$ のときに $l \leq 1.1\text{mm}$ のスパークプラグは、全て耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となる。

第24図によると耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、前記中心電極の直径が $d = 1.5\text{mm}$ 、且つ前記中心電極の長さが $l \approx 0.2\text{mm}$ のときのみである。第25図によると耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、1つも見当たらない。

第20図ないし第25図より、前記中心電極の長さで耐汚損性効果が良好な範囲は、 $0.2\text{mm} \leq l \leq 1.1\text{mm}$ であることが確認でき、また前記中心電極の長さ l は、前記中心電極の直径 d に応じて変化することも確認できた。

さらに、前記中心電極の長さ l 、前記中心電極の直径 d 、前記内孔の内径 D 、筒状空所の深さ L の耐汚損性効果について実験を行った。

第27図は前記筒状空所の深さ L を横軸に、耐汚損性効果を縦軸に表示したものである。また、

としてある。

第20図によると耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、1つも見当たらない。第21図によると耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、中心電極の直径が $d = 0.7\text{mm}$ 、且つ前記長さが $l = 0.2\text{mm}$ のときのみである。

第22図によると耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、中心電極の直径が $0.55\text{mm} \leq d \leq 1.2\text{mm}$ である。また、耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、前記長さが $0.2\text{mm} \leq l \leq 1.1\text{mm}$ である。そして、第22図において、 $d \approx 0.7\text{mm}$ のときに $l \leq 1.1\text{mm}$ のスパークプラグは、全て耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となる。

第23図によると耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、前記中心電極の直径が $0.60\text{mm} \leq d \leq 1.55\text{mm}$ である。また、耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、前記中心電極の長さが $0.2\text{mm} \leq l \leq 1.1\text{mm}$

第27図中、○は前記中心電極の長さが $l = 0.2\text{mm}$ 、前記中心電極の直径が $d = 0.7\text{mm}$ 、前記内孔の内径が $D = 2.1\text{mm}$ を表す。◇は前記中心電極の長さが $l \approx 0.2\text{mm}$ 、前記中心電極の直径が $d = 0.7\text{mm}$ 、前記内孔の内径が $D = 1.1\text{mm}$ を表す。△は前記中心電極の長さが $l = 0.2\text{mm}$ 、前記中心電極の直径が $d = 1.5\text{mm}$ 、前記内孔の内径が $D = 2.8\text{mm}$ を表す。△は前記中心電極の長さが $l = 0.2\text{mm}$ 、前記中心電極の直径が $d = 1.5\text{mm}$ 、前記内孔の内径が $D = 2.0\text{mm}$ を表す。□は前記中心電極の長さが $l = 0.9\text{mm}$ 、前記中心電極の直径が $d = 0.7\text{mm}$ 、前記内孔の内径が $D = 1.5\text{mm}$ を表す。□は前記中心電極の長さが $l = 0.9\text{mm}$ 、前記中心電極の直径が $d = 1.5\text{mm}$ 、前記内孔の内径が $D = 2.4\text{mm}$ を表す。

第27図によると耐汚損性効果が40（サイクル数/1MΩ）以上となるのは、筒状空所の深さが $0.2\text{mm} \leq L \leq 1.0\text{mm}$ である。また、この範囲内では、前記中心電極の長さ l 、前記中心電極の直径 d 、前記内孔の内径 D の変化に拘らずほぼ一定

の耐汚損性効果が見られる。よって、本発明のスパークプラグは、耐汚損性効果に関して、筒状空所の深さ L の影響を受けないものと推測される。逆に、第20図ないし第25図より前記中心電極の長さ l と前記中心電極の直径 d と前記内孔の内径 D とは、相互に関係し合っているものと推測される。

第28図は前記中心電極の直径 d を横軸に、前記内孔の内径 D を縦軸に表示して、前記中心電極の長さ $l = 0.2\text{mm}$ 、 $l = 0.7\text{mm}$ 、 $l = 1.1\text{mm}$ の耐汚損性効果40サイクル以上の領域の一例を示したものである。

第28図により、中心電極の側面放電と筒状空所とのイオン化の有効的な結合による耐汚損性効果は、前記中心電極の長さ l と前記中心電極の直径 d と前記内孔の内径 D との組み合わせにおいて、良好な範囲があることが確認できる。

種々の実験により、前記中心電極の直径は、 $0.60\text{mm} \leq d \leq 1.55\text{mm}$ が良好となる。とくに、 $0.80\text{mm} \leq d \leq 1.20\text{mm}$ においては、側面放電の発生確率が

1mm が良好な範囲に含まれない理由は、第20図ないし第25図の実験結果より、中心電極の先端面と絶縁体の先端面との距離が大きいため、側面放電による耐汚損性効果が低いためである。

種々の実験により、前記内孔の内径は、 $D \geq 1.1d\text{mm} + (l/2)\text{mm} + 0.2\text{mm}$ 、および $D \leq 0.9d\text{mm} - (l/2)\text{mm} + 1.6\text{mm}$ を満たす範囲が最適な範囲となる。ここで、 $D < 1.1d\text{mm} + (l/2)\text{mm} + 0.2\text{mm}$ が良好な範囲に含まれない理由は、筒状空所が清浄作用を期待できる最適な寸法以下の狭い場合に、誘導放電による熱エネルギーが絶縁体および中心電極の冷却作用により拡大を制約され、カーボンの焼失に有効に作用しなくなると推測される。 $D > 0.9d\text{mm} - (l/2)\text{mm} + 1.6\text{mm}$ が良好な範囲に含まれない理由は、清浄作用を期待できる筒状空所を具備する場合においても、絶縁体の前記内孔の内径が大きくなるため、カーボンが焼失される絶縁体の清浄部分の外周または全域のカーボンを焼失するのに多数回の側面放電が必要となる。実験結果より、同一放電回数で観察した場

高く、且つカーボンの焼失長さが長くなるため、耐汚損性がより向上する。これは、前出の第12図および第14図の実験を実施した結果と同じである。ここで、 $d < 0.60\text{mm}$ および $d > 1.55\text{mm}$ が良好な範囲に含まれない理由は、側面放電の発生頻度が低く、カーボンの焼失長さが短いため、側面放電と筒状空所内のイオン化領域との有効的な結合による効果が表れないからと推測される。

種々の実験および第16図ならびに第17図からもわかるように、前記中心電極の長さは、 $0.2\text{mm} \leq l \leq 1.1\text{mm}$ が良好となる。さらに、第14図よりあきらかなように、とくに $0.2\text{mm} \leq l \leq 0.7\text{mm}$ の時には、より確実に筒状空所内より側面放電を発生させ、カーボンの焼失効果を向上させることができる。

ここで、 $l < 0.2\text{mm}$ が良好な範囲に含まれない理由は、以下の通りである。つまり、第16図および第17図の実験結果より、飛火電圧が高く、且つ着火性が良好な範囲ではないとともに、中心電極の寿命に影響するためである。逆に、 $l > 1$

合には、絶縁体の前記内孔の内径が大きくなりすぎると、前記絶縁体の清浄部分が相対的に小さくなる。

第29図は第1図の変形例を示すものである。

本実施例は、中心電極3の小径部33と大径部36との間に、テーパ部37を設けたものである。この例も、第1図のものと同様に小径部33の先端側面より側面放電が発生する。

第30図は第1図の変形例を示すものである。

本実施例は、中心電極3の小径部33と大径部36との間に、両者の中間的な直径もつ中間部38を設けたものである。この例も、第1図のものと同様に小径部33の先端側面より側面放電が発生する。

第31図は第30図の変形例を示すものである。

本実施例は、中心電極3の小径部33と中間部38との間に、テーパ部39aを設け、さらに中間部38と大径部36との間に、テーパ部39bを設けたものである。この例も、第1図のものと同様に小径部33の先端側面より側面放電が発生する。

第32図は第1図の変形例を示すものである。

本実施例は、絶縁体 2 の脚長部 24 に保持される部分 36 a の中心電極 3 の直径を d としている。さらに、絶縁体 2 の先端部分には、中心電極 3 の外周と内孔 23 の壁面との間に、筒状空所 6 を形成するポケット 25 が設けられている。この例も、ポケット 25 内およびポケット 25 より突出した中心電極 3 の先端側面より側面放電が発生する。

第 3 3 図は第 1 図の変形例を示すものである。

本実施例は、中心電極 3 の小径部 33 の先端部分にテーパ部 31 a を設けている。また、この例では、テーパ部 31 a のうちで最も直径の大きい大径部分 31 b の直径を d としている。この例も、第 1 図のものと同様に小径部 33 の先端側面より側面放電が発生する。

本実施例では、スパークプラグに電波雑音防止用の抵抗体を装着したが、スパークプラグに電波雑音防止用の抵抗体を装着しなくとも良い。

[発明の効果]

本発明の内燃機関用スパークプラグはつぎの効

果を奏する。

中心電極の直径を細くすると発生する側面放電のみにより、絶縁体の先端に付着しているカーボンを焼失することができる。さらに、筒状空所内で発生したパイロット放電により生じたイオン化領域とその側面放電とを結合させることによって、絶縁体の先端および内孔の壁面付着しているカーボンを焼失することができ、耐汚損性効果を飛躍的に向上できる。

中心電極に印加される高電圧がカーボンを通してハウジングに漏洩する頻度および時間が飛躍的に減少するので、混合気への着火ミスを著しく減少することができる。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の一実施例の内燃機関用スパークプラグを示す断面図、第 2 図は本発明の一実施例の内燃機関用スパークプラグの要部を示す断面図、第 3 図はスパークプラグのギャップに発生した側面放電を示すモデル図、第 4 図ないし第 10

図は本発明の作用を示す説明図、第 11 図は容量放電および誘導放電の波形図である。

第 12 図は筒状空所より突出する中心電極の直径 d と側面放電の発生頻度との関係を示すグラフ、第 13 図は第 12 図の実験を行った際に発生した側面放電を示した説明図、第 14 図は筒状空所より突出する中心電極の直径 d とカーボン焼失長さ F との関係を示すグラフ、第 15 図は第 14 図の実験を実施するにあたり使用したスパークプラグを示すもので、図中 F はカーボン焼失長さを示した説明図である。

第 16 図は筒状空所より突出する中心電極の長さ L と中心電極と接地電極との間の飛火電圧との関係を示すグラフ、第 17 図は筒状空所より突出する中心電極の長さ L とアイドル時の着火限界空燃比との関係を示すグラフ、第 18 図は第 16 図および第 17 図の実験を実施するにあたり使用したスパークプラグの寸法を示した説明図である。

第 19 図は耐汚損性効果を評価する絶縁抵抗測定を示す説明図、第 20 図は中心電極との間で筒

状空所を形成する内孔の内径が $D = 0.9\text{mm}$ のときの筒状空所より突出する中心電極の直径 d と耐汚損性効果との関係を示すグラフである。第 21 図は中心電極との間で筒状空所を形成する内孔の内径が $D = 1.1\text{mm}$ のときの筒状空所より突出する中心電極の直径 d と耐汚損性効果との関係を示すグラフである。第 22 図は中心電極との間で筒状空所を形成する内孔の内径が $D = 1.6\text{mm}$ のときの筒状空所より突出する中心電極の直径 d と耐汚損性効果との関係を示すグラフである。第 23 図は中心電極との間で筒状空所を形成する内孔の内径が $D = 2.0\text{mm}$ のときの筒状空所より突出する中心電極の直径 d と耐汚損性効果との関係を示すグラフである。第 24 図は中心電極との間で筒状空所を形成する内孔の内径が $D = 2.8\text{mm}$ のときの筒状空所より突出する中心電極の直径 d と耐汚損性効果との関係を示すグラフである。第 25 図は中心電極との間で筒状空所を形成する内孔の内径が $D = 2.9\text{mm}$ のときの筒状空所より突出する中心電極の直径 d と耐汚損性効果との関係を示すグラフであ

る。第26図は第20図ないし第25図の実験を実施するにあたり使用したスパークプラグの寸法を示した説明図である。

第27図は筒状空所より突出する中心電極の直径 d と耐汚損性効果との関係を示すグラフである。第28図は筒状空所より突出する中心電極の長さ l が $l = 0.2\text{mm}$ 、 $l = 0.7\text{mm}$ 、 $l = 1.1\text{mm}$ の耐汚損性効果40サイクル以上の領域の一例で、筒状空所より突出する中心電極の直径 d と中心電極との間で筒状空所を形成する内孔の内径 D との関係を示すグラフである。

第29図は本発明の他の実施例の内燃機関用スパークプラグの要部を示す断面図、第30図は本発明の他の実施例の内燃機関用スパークプラグの要部を示す断面図、第31図は本発明の他の実施例の内燃機関用スパークプラグの要部を示す断面図、第32図は本発明の他の実施例の内燃機関用スパークプラグの要部を示す断面図、第33図は本発明の他の実施例の内燃機関用スパークプラグの要部を示す断面図である。

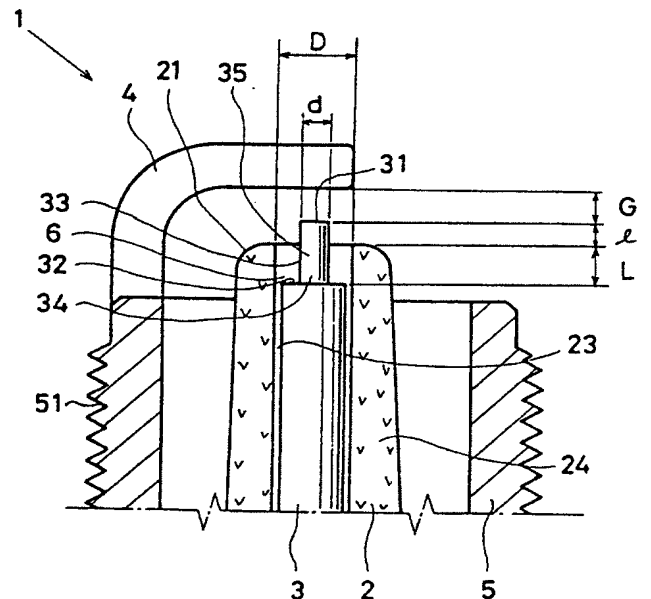
図中

1…内燃機関用スパークプラグ 2…筒状絶縁体 3…中心電極 4…接地電極 5…ハウジング 6…筒状空所 21…絶縁体の先端面 23…内孔 31…中心電極の先端面 l …筒状空所より突出する中心電極の長さ d …筒状空所より突出する中心電極の直径 D …中心電極との間で筒状空所を形成する内孔の内径 L …筒状空所の深さ

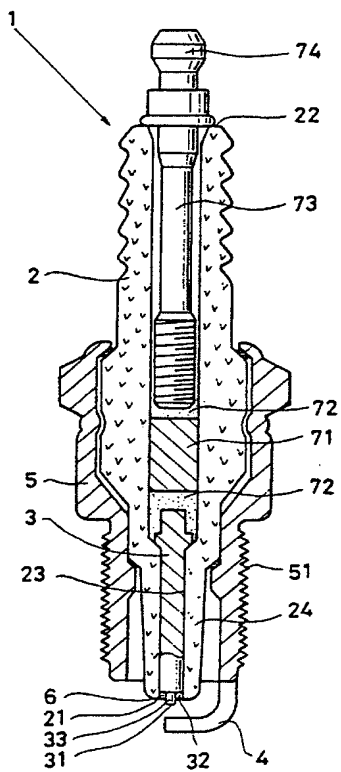
代理人 石 黒 健 二

第1図

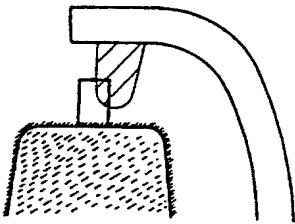
- 1…内燃機関用スパークプラグ
- 2…筒状絶縁体
- 3…中心電極
- 4…接地電極
- 5…ハウジング
- 6…筒状空所
- 21…絶縁体の先端面
- 23…内孔
- 31…中心電極の先端面
- l …筒状空所より突出する中心電極の長さ
- d …筒状空所より突出する中心電極の直径
- D …中心電極との間で筒状空所を形成する内孔の内径
- L …筒状空所の深さ



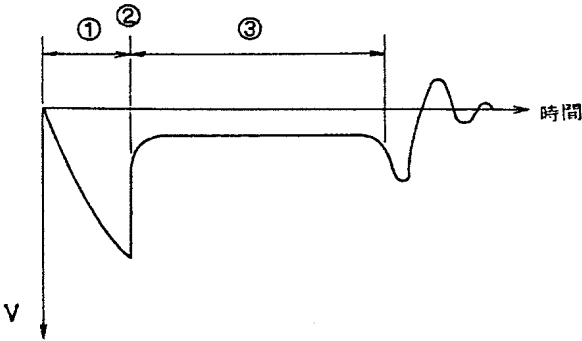
第 2 図



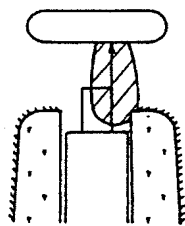
第 3 図



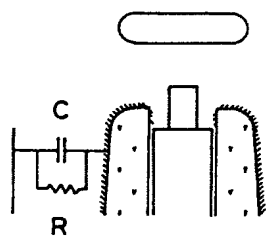
第11図



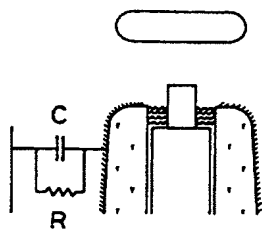
第 4 図



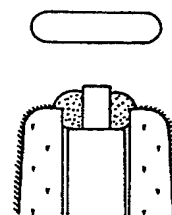
第5図



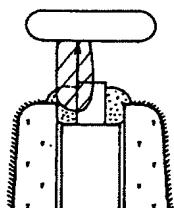
第6図



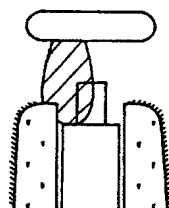
第7図



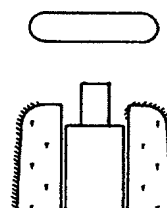
第8図



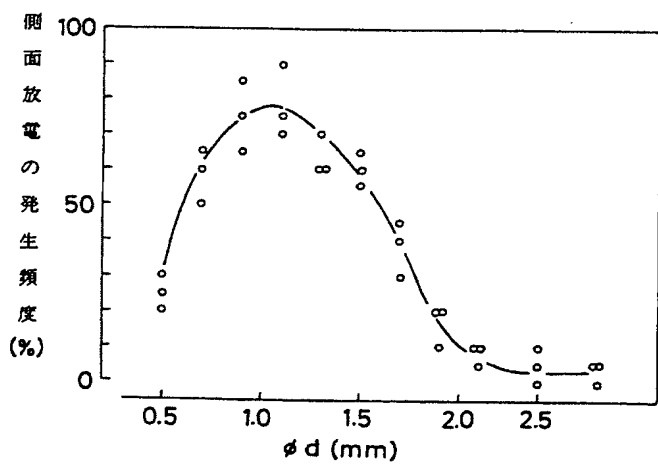
第9図



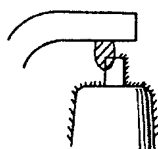
第10図



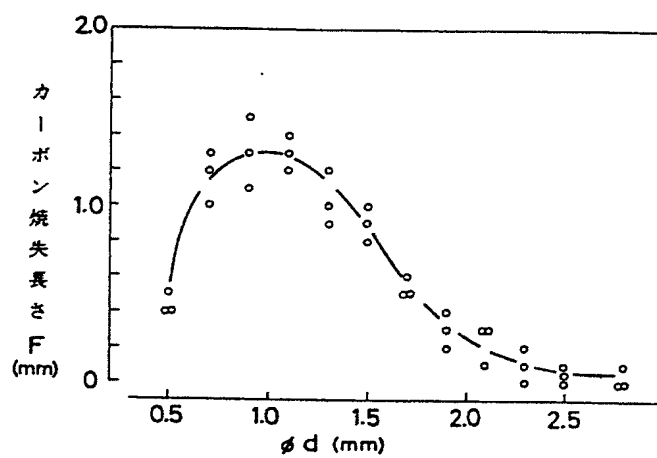
第12図



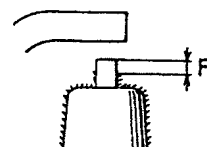
第13図



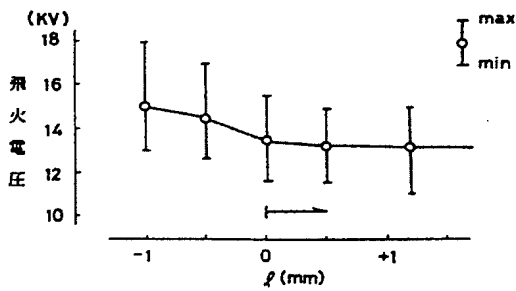
第14図



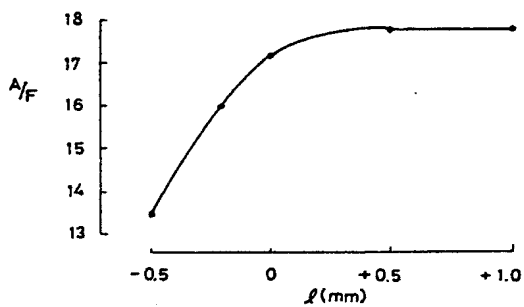
第15図



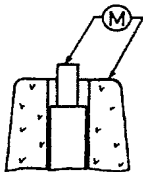
第16図



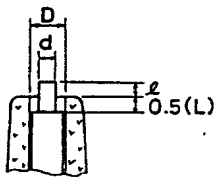
第17図



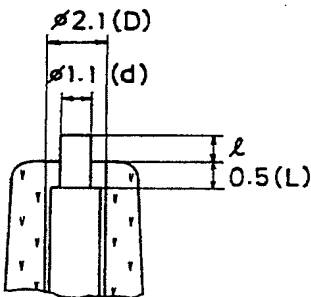
第19図



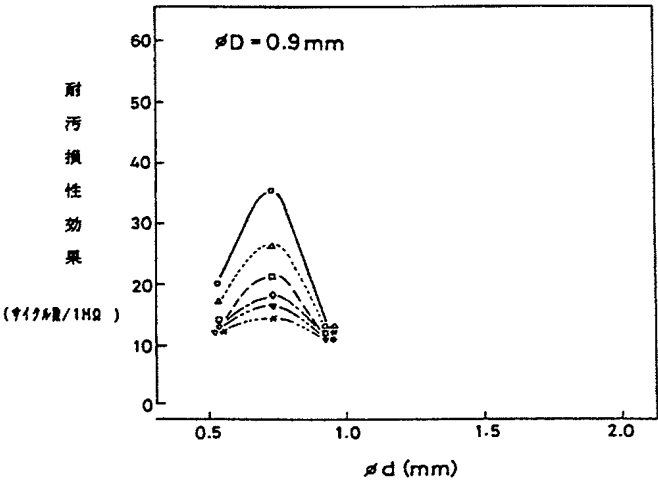
第26図



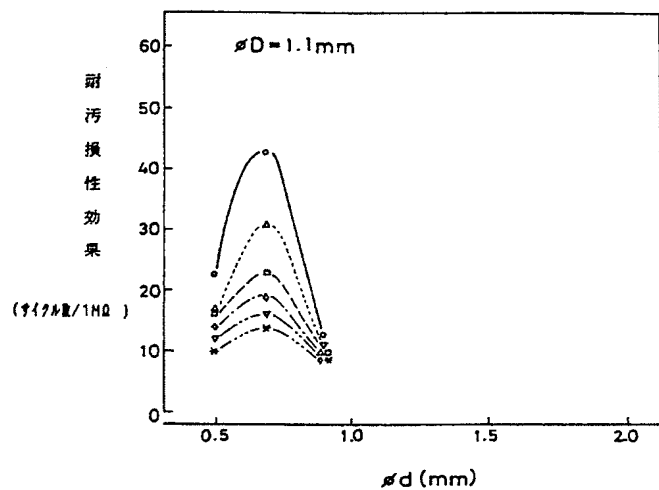
第18図



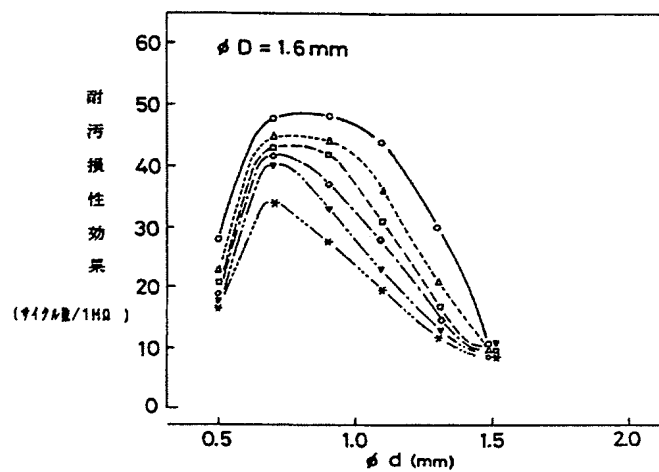
第20図



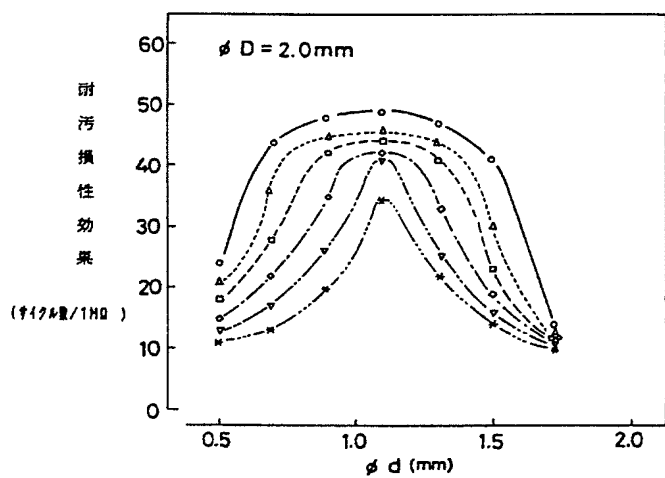
第21図



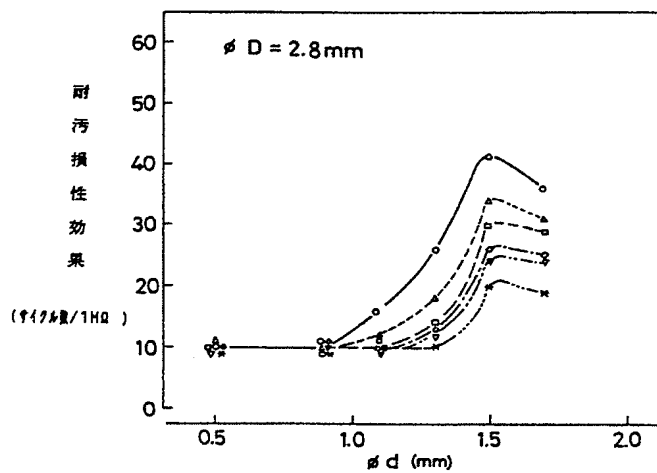
第22図



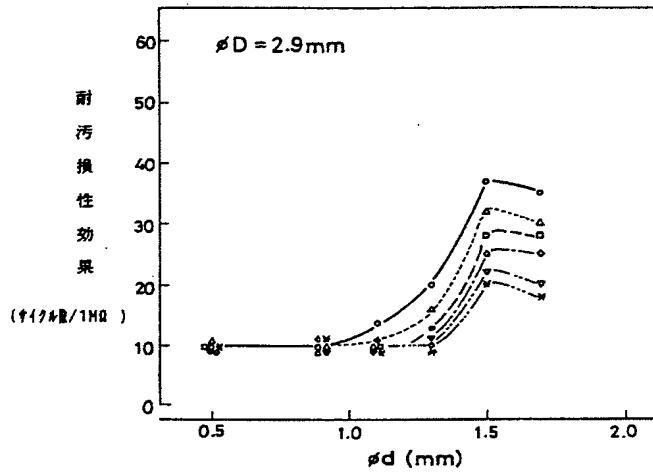
第23図



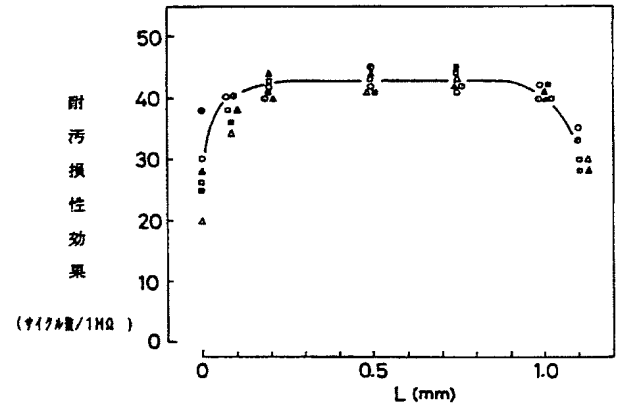
第24図



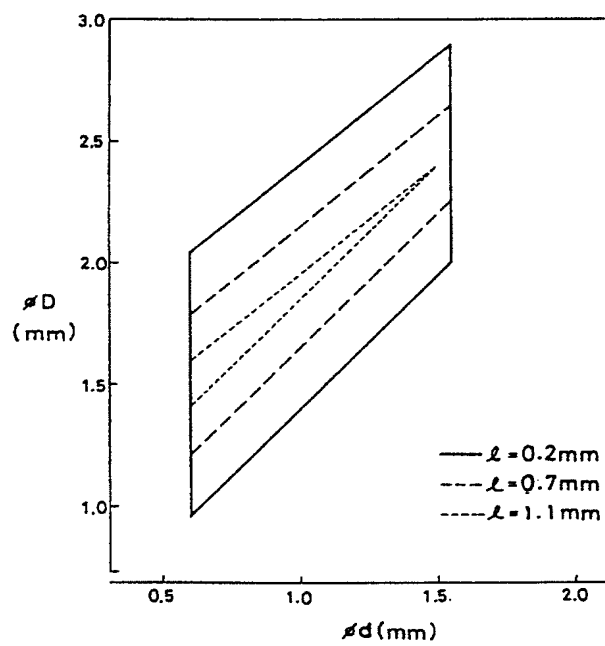
第25図



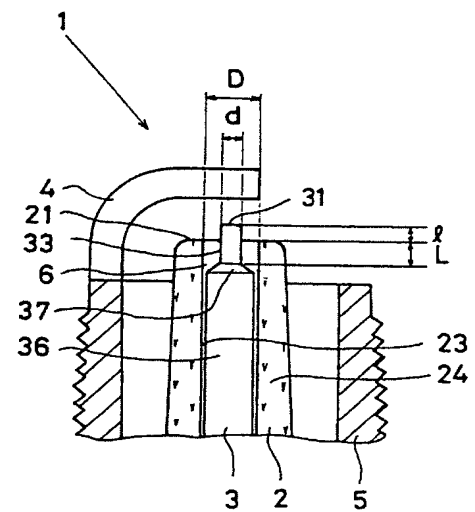
第27図



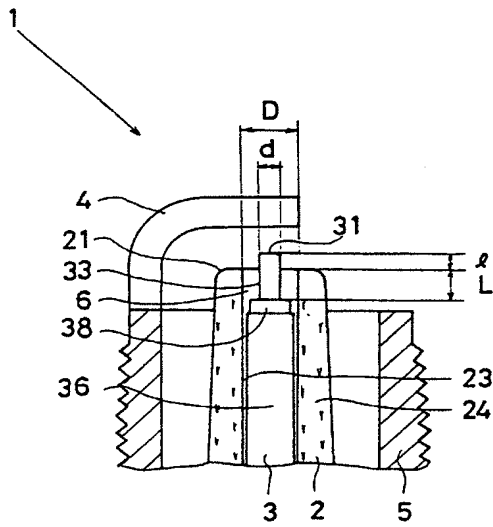
第28図



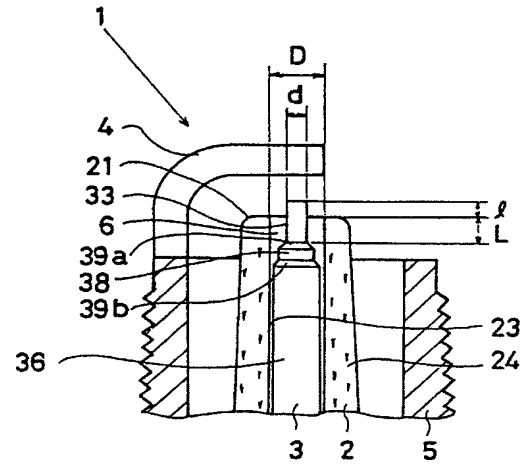
第29図



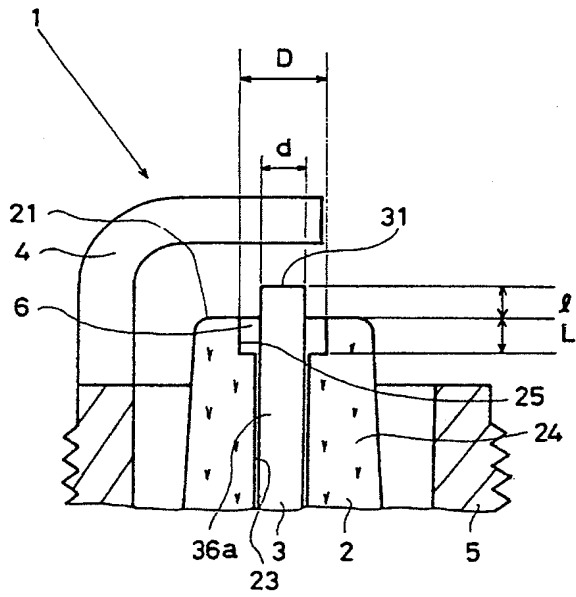
第30図



第31図



第32図



第33図

